

# 저탄소 및 장수명 공동주택 구현을 위한 Green Frame(GF)의 타당성 분석

## A Feasibility Study of Green Frame(GF) for the Implementation of Low-carbon Emissions & Long-life Housing

**홍 원 기\***      **김 선 국\*\*\***      **김 형 근\*\*\*\***      **윤 태 호\*\*\*\*\***      **윤 대 영\*\*\*\*\***      **김 승 일\*\***  
Hong, Won-Kee    Kim, Sun-Kuk    Kim, Hyung-Geun    Yoon, Tae-Ho    Yune, Dai-Young    Kim, Seung-Il

### Abstract

The bearing wall apartments which occupy the majority of multi-residential apartment buildings built in Korea, are known for having limited architectural plan flexibility, posing challenges in terms of maintenance and remodeling. The economic losses and environmental issues resulting from the reconstruction of bearing wall apartments are now accumulating to the extent that they are becoming a national concern. Multi-residential apartment buildings, which are now the dominant form of residence in Korea, must accommodate diverse customer needs and changes in life style. A new concept of Rahmen structure with architectural flexibility is Green Frame. GF multi-residence housing is expected to reduce construction costs and shorten the construction schedule by overcoming the shortcomings of conventional bearing wall apartments. This goal is consistent with the national policies that target the reduction of resource and energy consumption. In addition, GF will be established as a core contributor to achieving a reduction in CO<sub>2</sub> emissions, which will enable the sustainable growth of domestic construction industry, and address the low-carbon green growth drive implemented by the government.

Keywords : Green Frame, Composite Beam, Long-life Housing, Low-carbon emissions, Quantity Reduction

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 목적

1980년대 국내 건설경기가 활성화되고 건설업체들의 해외 진출이 활발해지면서 국내 건설 기술은 큰 도약을 하였다. 해외건설경험을 바탕으로 새로운 기술들이 시도되면서 80년대 후반 벽식 공법이 개발되었다. 공동주택에 있어서 벽식 구조는 실내에 보와 기둥이 노출되지 않고 시공이 편리한 장점으로 인하여 급속도로 보급되어 라멘구조를 대체하는 변화를 가져오게 되었다.

하지만 현재 국내 주거의 50%가 넘는 벽식 공동주택은 내력벽

에 의한 구획으로 가변성의 한계와 구조부재에 비해 수명이 짧은 설비시설의 매설로 인하여 안전상 보수 및 리모델링의 어려움을 가지고 있다. 따라서 현재와 같이 30년 주기로 벽식 공동주택의 철거와 재건축이 지속될 경우, 2020년에 발생하는 재건축에 의한 건설폐기물 비중은 전체 건설폐기물의 70%에 달할 것으로 예상되고 있다<sup>1)</sup>. 이는 국가적으로도 에너지의 낭비가 클 뿐만 아니라 부동산 폭등과 같은 사회적인 혼란을 야기하고 있다. 정부는 이와 같은 문제 해결의 일환으로, 구조체의 손상 없이 가변형 및 리모델링이 가능한 라멘구조를 공동주택에 적용할 경우 용적률과 높이 제한을 20% 완화 시켜주는 인센티브 제도를 시행하고 있다. 하지만 라멘조 공동주택의 공급은 여러 가지 제약으로 인해 많은 어려움이 따르고 있는 실정이다. 따라서 이를 해결하기 위해서는 벽식 공동주택을 대체할 수 있는 새로운 공동주택의 개발이 필수적이라고 할 수 있다.

본 연구의 대상이 되는 Green Frame(GF) 공동주택은 기존 벽식 공동주택의 단점을 개선하여 공사비 절감과 공사기간 단축을 가능하게 할 것으로 예측되며, 가변성이 확보된 장수명 구조물로서 국가적으로 추진하고 있는 자원 및 에너지 절감 정책에 부응

\* 경희대학교 건축공학과 부교수, 공학박사, 주저자  
\*\* 경희대학교 건축공학과 석사과정, 교신저자 (seungilkim@khu.ac.kr)  
\*\*\* 경희대학교 건축공학과 교수, 공학박사  
\*\*\*\* SH공사 도시연구소, 책임 연구원  
\*\*\*\*\* 경희대학교 건축공학과 석사과정  
이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2009-0063383)  
이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2009-0090554)

1) 건교신문, 사람과 주택, 함께 100년 살자, 2007.12.

할 것으로 기대된다. 뿐만 아니라 현 정부가 추진하고 있는 저탄소 녹색성장에 발맞추어 국내 건설 산업의 지속가능한 질적 성장을 가능케 하고 기후변화 문제 해결을 위한 CO<sub>2</sub> 절감 원천기술로 자리매김할 것이다.

따라서 본 연구는 연구 대상인 다양한 구조별 공동주택의 물량, 공사비 및 CO<sub>2</sub> 발생량을 분석하고 이를 정량화함으로써 Green Frame 공동주택의 타당성을 분석하고 이를 통해 저탄소 장수명 공동주택의 지표를 설정하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

표 1. 대상 공동주택의 일반사항

공동주택	#1	#2	#3
소재지	천안시	천안시	대전시
연면적(m <sup>2</sup> )	9,788	8,887	10,643
층 수(층)	17	22	23+25
세대 면적(m <sup>2</sup> )	145	86	83
층당 세대수	4세대	4세대	4세대

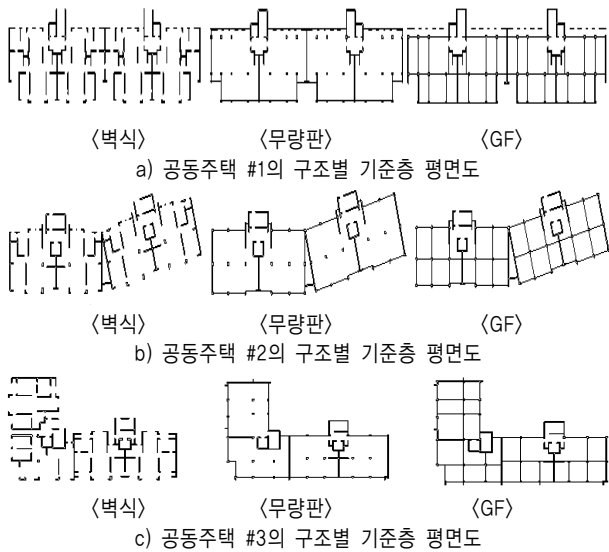


그림 1. 대상 공동주택의 구조별 기준층 평면도

본 연구에서는 연구의 신뢰성 확보를 위하여 실제 완공되었거나 시공 중인 판상형 벽식 공동주택 3개동을 선정하였다. 선정된 벽식 공동주택은 구조설계 프로그램인 MIDAS Gen과 MIDAS Set을 이용하여 무량판 구조 시스템과 GF 라멘구조 시스템으로 변경하고, 이에 따른 물량과 공사비와 CO<sub>2</sub> 배출량을 계산 및 비교하였다. 기준이 되는 벽식 공동주택 3개동의 일반사항은 표 1.과 같다. 구조시스템에 따른 대상 공동주택의 기준층 평면도는 그림 1.에 나타내었다.

2. Green Frame의 개념

본 연구 대상에 적용된 Green Frame(GF)은 Green Beam(GB)과 Green Column(GC)으로 구성된다. Green Beam은 H-형강을 적용한 선행연구를 바탕으로 휨내력에 기여도가 적은 상부플랜지를 제거함으로써 추가적인 철골 물량의 감소와 부재의 효율성이 확보되었다. Green Beam은 물량 감소, 공사비 절감, CO<sub>2</sub> 배출량 감소 효과가 우수하며, 지상에 적용할 경우에는 층고를, 지하에 적용할 경우에는 굴토량을 절감시킬 수 있다. 또한 Green Beam은 Green Column 뿐만 아니라 철골(Steel), 철근콘크리트(RC) 및 철골 철근콘크리트(SRC) 기둥에도 적용이 가능하다. Green Column은 1~3절의 철근콘크리트 기둥이 철골부재로 접합된 형태의 PC 기둥이다. Green Column을 Green Beam과 접합할 경우, 상부 철근은 Green Column을 관통하여 RC Frame 접합이 가능하고, 하부 철골은 볼트 체결 및 용접으로 Steel Frame 접합이 가능하다. 따라서 Green Beam을 Green Column과 함께 적용할 경우, 접합부 시공 시 구조적 안정성 확보와 함께 시공성 향상 및 공사기간의 단축이 가능하다.

Green Frame을 공동주택에 적용할 경우, 라멘 구조가 가지는 가변성과 더불어 기존 벽식 구조시스템과 동일한 층고를 유지할 수 있으며, Hybrid 접합방식의 적용으로 시공성 향상 및 공기 단축의 구현이 가능하다. 또한 하부 및 측면 콘크리트가 CT 형강과 일체화되는 반건식 공법으로, 현장에서의 거푸집 작업을 최소화할 수 있다.

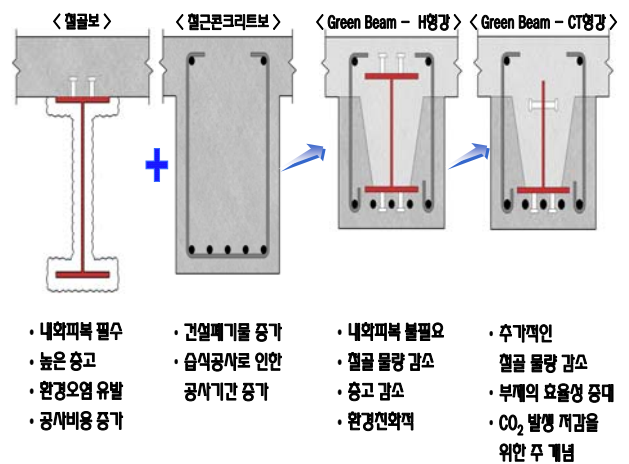


그림 2. Green Beam의 개념

3. 구조별 공동주택의 장단점

3.1 벽식 공동주택의 장단점

벽식 구조 시스템은 현재 국내 공동주택에서 가장 널리 사용되

는 구조 시스템이다. 벽식 공동주택은 낮은 층고와 저렴한 공사비, 오랜 기간 공사 노하우(Know-How)가 축적되어 있는 장점이 있는 반면에, 리모델링이 어렵고 CO<sub>2</sub> 발생량이 높다는 단점을 가지고 있다.

**3.2 무량판 공동주택의 장단점**

무량판 공동주택은 일반 라멘구조와 비교하여 층고를 절감할 수 있으며, 기존 내력벽 방식에서 탈피하여 공간 구획의 가변성을 확보할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 최근 공동주택의 고층화 경향이 나타나면서 무량판 공동주택은 슬래브 두께의 증가 및 철근 물량의 증가가 예상된다. 건설공사의 주요 CO<sub>2</sub> emitter인 콘크리트 및 철근 사용량의 증가는 CO<sub>2</sub> 배출량의 증가로 이어지게 된다.

**3.3 GF 공동주택의 장점**

GF 공동주택은 철골부재와 철근 콘크리트 재료의 상호장점을 활용한 합성부재가 적용된 라멘구조 공동주택이다. GF 공동주택은 벽식 공동주택과 무량판 공동주택의 장점은 그대로 유지하면서, 단점을 보완할 수 있다. GF 공동주택은 내력벽을 제거함으로써 콘크리트 물량과 철근 물량을 감소시킬 수 있고, 이에 따라 공사비용 또한 절감되어 경제적이다. 이러한 물량 감소에 따라 CO<sub>2</sub> 배출량 역시, 벽식 공동주택 대비 약 20~25% 정도 감소하게 된다. GF 공동주택은 그림 3.과 같이 그동안 라멘구조 공동주택의 최대 단점으로 여겨지던 층고 문제를 해결하면서 벽식 공동주택과 동일한 층고를 유지할 수 있게 되었다. 또한 GF 공동주택은 라멘구조 공동주택의 장점을 살려 리모델링 및 가변형 평면을 구성하는 것이 매우 용이하다. 이에 따라 GF 공동주택은 공동주택의 장수명화를 구현하고, 재건축 시 대량으로 발생하는 건설폐기물 또한 현저히 감소시킬 수 있다. 표 2.는 구조시스템에 따른 공동주택의 장점을 나타낸다.

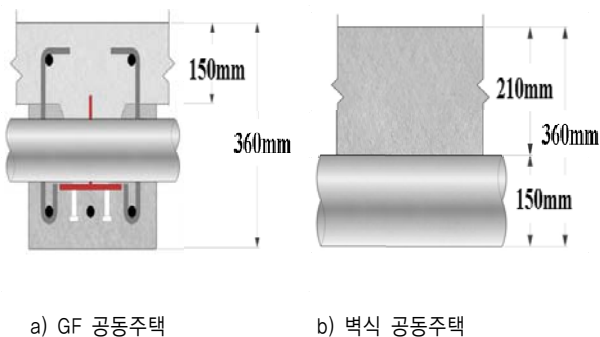


그림 3. GF 공동주택과 벽식 공동주택의 층고비교

표 2. 공동주택 구조시스템별 장점<sup>2)</sup>

	벽식	무량판	GF
경제성	○		○
공사 Know-How 축적	○		
공사기간 단축 효과			○
공동주택 장수명화		○	○
가변형 평면 가능성		○	○
CO <sub>2</sub> 발생량 감소 효과			○
폐기물 발생량 감소 효과		○	○

**4. 물량 분석**

**4.1 공동주택의 물량 계산**

대상 공동주택의 물량계산은 구조방식에 따라 차이가 적은 기초 및 지하부를 제외한 지상부의 물량만을 계산하여 비교·분석하였다. 골조공사의 주요 자재인 철근, 철골, 콘크리트, 거푸집을 대상으로 물량을 계산하였다. 벽식 공동주택은 구조체인 내력벽에 의해 세대내 공간구획이 가능한 점을 감안하여 무량판 공동주택과 GF 공동주택의 경우, 동일한 공간구획을 위한 칸막이 벽체 물량을 추가하여 계산하였다.

GF 공동주택의 콘크리트와 철근 물량은 PC부분과 현장 시공 부분으로 나누어 계산하였으며, 철골의 물량계산은 보와 기둥의 접합부에 사용된 철골량을 합산하여 계산하였다.

**4.2 구조시스템에 따른 물량 분석**

구조시스템에 따른 공동주택의 주요 자재 물량을 비교·분석한 결과는 표 3.과 같이 단위면적당 자재의 투입 물량으로 나타내었다. GF 공동주택은 벽식, 무량판 공동주택 대비 주요 자재의 물량이 크게 감소함을 확인하였다.

무량판 공동주택과 GF 공동주택은 세대간벽 및 엘리베이터 코어를 제외하고는 내력벽체가 존재하지 않기 때문에 벽식 공동주택 대비 콘크리트 물량이 감소함을 확인하였다. 『공동주택 바닥 충격음 차단구조 인정 및 관리기준』에 따라 무량판의 경우 최소 180mm, 벽식 공동주택의 경우 최소 210mm 두께의 슬래브가 요구되는 반면에 GF 공동주택은 최소 150mm 두께만으로 기준에 부합하는 것이 가능하여 진다. 이로 인하여 슬래브에 사용되는 콘크리트 사용량이 감소되며, 슬래브의 두께 감소에 따른 고정하중의 감소로 축하중을 받는 기둥 및 벽 부재에 사용되는 콘크리트 사용량 또한 추가적으로 감소하게 된다.

철근+철골 물량의 경우, 무량판 공동주택은 벽식 공동주택 대비 벽체에 사용되는 철근 물량이 감소되었지만 추가적인 슬래브

2) 정신욱, 무량판 골조를 활용한 RC 아파트 구조시스템의 동적 해석에 관한 연구, 서울대학원, 석사학위논문, 1997.2

의 보강철근이 증가함으로 인하여 벽식 공동주택 대비 철근량은 약 11.9% 증가되었다. 반면 GF 공동주택은 효율적인 합성단면의 적용으로 벽식 공동주택 대비 철근+철골 물량이 약 28.9% 감소되는 것으로 나타났다.

거푸집 물량의 경우, 모든 콘크리트를 현장 타설하는 벽식 및 무량판 공동주택과는 달리 GF 공동주택은 기둥 및 보 부재의 일부가 PC로 제작되어 현장타설 콘크리트 물량이 최소화되며 그에 따라 거푸집 사용량 또한 큰 폭으로 감소하였다. 거푸집 물량의 감소는 공사기간의 단축, 형틀 목공 등의 투입 인력감축 등의 장점으로 연결된다.

표 3. 구조별 주요 자재에 따른 물량 분석

구분		평균	
벽식	콘크리트 (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	0.614	
	철근+철골 (tonf/m <sup>2</sup> )	0.061	
	거푸집 (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	4.845	
무량판	콘크리트 (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	0.561	
	철근+철골 (tonf/m <sup>2</sup> )	0.068	
	거푸집 (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	3.803	
GF	콘크리트 (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	0.460	
	철근+철골 (tonf/m <sup>2</sup> )	0.043	
	거푸집 (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	1.052	
비율	(GF/벽식)	콘크리트	<b>74.9%</b>
		철근+철골	<b>71.1%</b>
		거푸집	<b>21.7%</b>
	(GF/무량판)	콘크리트	<b>82.0%</b>
		철근+철골	<b>63.6%</b>
		거푸집	<b>27.6%</b>

## 5. 공사비 분석

### 5.1 공사비 단가 산정

경제성 분석을 위한 주요 자재별 공사비의 단가 산정은 2009년도 대한건설협회 건설공사 표준품셈(건축부분)과 현장 조사에 따른 6월 현장 표준가를 고려하여 산정하였다. 공사비는 각 주요 자재별 소요되는 자재비와 노무비, 경비 등을 합산하여 계산하였다. 각 주요자재 공사비 계산에 적용된 단가는 표 4.와 같다.

GF 공동주택은 벽식 공동주택 및 무량판 공동주택과는 다르게 구조물의 주요 자재로서 철골부재가 사용되며, 기둥 및 보의 일부가 PC부재로 제작된다. 따라서 주요 자재 사용에 따른 총 공사비 산정 시 추가적으로 철골부재와 PC부재 사용에 따른 비용을 추가하였다. 또한 무량판 및 GF 공동주택은 벽식 공동주택과 동일한 공간구획을 이루기 위하여 칸막이 벽체 공사가 요구된다. 이에 무

량판 및 GF 공동주택은 골조공사에 사용되는 골조공사 비용 외에 칸막이 공사에 소요되는 비용을 추가로 합산하여 총 공사비를 계산하였다.

표 4. 공동주택 자재별 공사비

(단위: 천원)

구분			자재별 공사비			
			자재비	노무비	경비	합계
골조공사	콘크리트 (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	27 MPa	57.5	12.2	1.4	<b>71.1</b>
		35 MPa	61.8	11.9	1.1	<b>74.8</b>
	PC (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	기둥	600	-	-	<b>600</b>
		보	650	-	-	<b>650</b>
	철근 (tonf/당)		756	250	-	<b>1,006</b>
	철골 (tonf/당)		950	85	-	<b>1,035</b>
거푸집 (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )		10	14	-	<b>24</b>	
칸막이공사	경량칸막이 (m <sup>2</sup> /당)		17	18	-	<b>35</b>
	0.5B (m <sup>2</sup> /당)		7	39.3	-	<b>46.3</b>
	1.0B (m <sup>2</sup> /당)		12	54.3	-	<b>66.3</b>

### 5.2 무량판 공동주택의 공사비 분석

그림 4.는 층수에 따른 무량판 공동주택의 공사비를 벽식 공동주택과 비교한 그래프이다. 15층과 30층 무량판 공동주택의 공사비는 대우건설 기술연구원의 연구보고서를 토대로 분석하였다. 무량판 구조에서는 콘크리트 물량과 거푸집 물량이 크게 감소되었으며, 철근 물량은 기둥 철근량과 슬래브 철근량의 증가로 인하여 벽식 공동주택에 비해 증가되었다. 무량판 구조 적용시 15층의 경우 골조공사에 사용된 공사비가 16.7% 감소되었다. 하지만 층수가 증가할수록 공사비는 점차 증가하여 30층에서는 오히려 2.3% 증가하는 것으로 나타났다. 대우기술연구원의 보고서에 따르면 층수가 증가할수록 횡하중에 저항하기 위한 무량판 구조의 골조물량이 증가하여 벽식 공동주택 대비 공사비의 감소율이 줄어들기 때문에 횡력저항에 취약한 판상형에 대해서는 25층 이상에서 무량판 구조의 적용을 지양할 필요가 있는 것으로 분석되었다<sup>3)</sup>. 또한 본 논문의 대상 무량판 공동주택의 공사비 분석에 따르면, 칸막이 벽체를 시공하는 경우 총 공사비가 벽식 대비 평균 12.6% (17층의 경우 13.1%, 22층의 경우 11.2%, 23+25층의 경우 13.5%) 증가하기 때문에 25층 이하에서도 무량판 구조는 경제성 측면에서 불리한 것으로 판단된다.

3) 천성철, 오보환, 아파트 가변성 향상을 위한 무량판 구조시스템 및 공사비 분석, DICT Newsletter, 대우건설 기술연구원, 2008.3

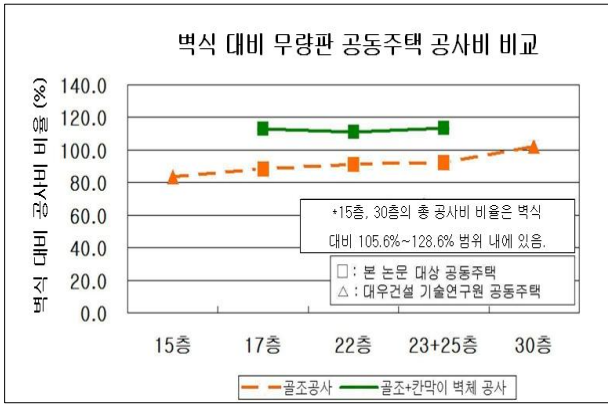


그림 4. 층수에 따른 무량판 공동주택 공사비 비교<sup>3)</sup>

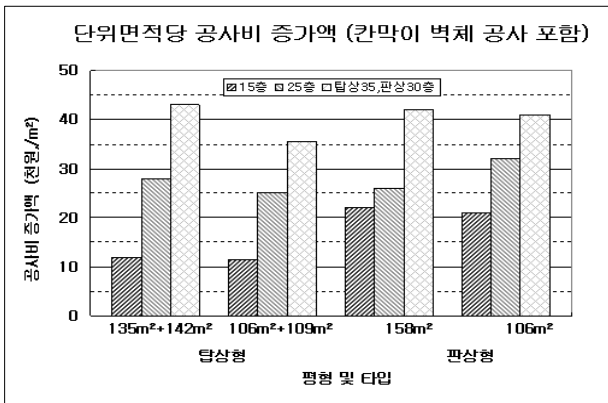


그림 5. 벽식 대비 단위면적당 공사비 증가액<sup>3)</sup>  
(대우건설 기술연구원)

그림 5.는 대우건설 기술연구원에서 분석한 무량판 공동주택의 칸막이 벽체를 포함한 벽식 대비 단위면적당 공사비 증가액을 나타낸 그래프이다. 공사비 증가액에 의하면 무량판 공동주택은 판상형보다는 탐상형에서 유리한 것으로 분석되며, 고층으로 갈수록 공사비의 증가로 인하여 무량판 구조의 적용효과는 감소하는 것으로 분석되었다. 또한 단위세대 평면크기의 변화에 따른 공사비 증감의 영향은 미미한 것으로 판단되었다.

### 5.3 GF 공동주택의 공사비 분석

벽식 대비 공사비 변동액을 분석한 결과, GF 공동주택은 무량판 공동주택과는 다르게 층수가 증가하여도 골조 공사에 사용된 공사비 감소 비율은 큰 증감없이 유사하게 나타났다. GF 공동주택의 총 공사비는 칸막이 벽체 공사로 인한 증가 비용을 감안하고도 벽식 공동주택 대비 78.7% ~83.2%로 감소하므로 층수에 제약 없이 GF 공동주택에 적용이 가능한 것으로 분석된다. GF 공동주택의 공사비 감소효과는 현장타설 콘크리트 및 철근의 현장 배근 최소화와 PC 부재 사용으로 인한 거푸집 비용의 현저한 감소가 주된 요인으로 분석된다.

대우건설 기술연구원의 무량판 공동주택과 본 논문 대상 무량판 공동주택의 칸막이 벽체공사를 포함한 공사비 변동액을 비교

한 결과, 15층대와 25층대에서 각각 약 5,000원/㎡, 2,000원/㎡의 근소한 차이를 보였으며, 이를 통해 두 연구 사이에 일관성이 있음을 알 수 있다. 공사비 변동액의 차이는 비교 대상의 층수와 단위세대 면적의 차이에서 기인한 것으로 판단된다. 대우건설 기술연구원의 무량판 공동주택 중 일부와 본 논문 대상 무량판 및 GF 공동주택의 공사비 변동액은 표 5.에 나타내었다.

표 6. 벽식 대비 공사비 변동액 비교

(천원/㎡)

본 논문 대상 공동주택		17층 (145㎡)	22층 (86㎡)	23+25층 (83㎡)
무량판	골조+칸막이 벽체 공사	27.4 (13.1%)	26.1 (11.2%)	29.7 (13.5%)
	골조공사	-24.5 (-11.7%)	-21.2 (-9.0)	-17.6 (-8.0)
GF	골조+칸막이 벽체 공사	-35.0 (-16.8%)	-48.1 (-20.6%)	-46.7 (-21.3%)
	골조공사	-86.9 (-41.6%)	-95.4 (-40.8%)	-94.0 (-42.8%)
대우건설 기술연구원 공동주택		15층 (158㎡)	-	25층 (106㎡)
무량판	골조+칸막이 벽체 공사	22	-	32

## 6. CO<sub>2</sub> 배출량 분석

### 6.1 주요 자재 CO<sub>2</sub> 배출 원단위

표 6. 주요자재별 CO<sub>2</sub> 배출량 원단위<sup>4)</sup>

구분		CO <sub>2</sub> 배출량 원단위
콘크리트	현장타설	140.43 kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
	Precast	
철근		4,002.04 kg-CO <sub>2</sub> /tonf
철골		3,699.38 kg-CO <sub>2</sub> /tonf
거푸집		3.83 kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
석고보드		33.75 kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>

표 6.은 공동주택 신축 시 사용되는 주요 자재별 CO<sub>2</sub> 배출량 원단위를 나타낸 표이다<sup>4)</sup>. 주요 자재로는 CO<sub>2</sub> 배출량에 큰 영향을 미치는 철근, 철골, 콘크리트, 거푸집, 석고보드가 포함되었다.

4) 김성완, 김종엽, 이종성, 박기학, 김태원, 황용우, 건축물의 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램개발 연구, 건설기술연구개발사업 제2차년도 연차보고서, 대한주택공사, 2004.12

## 6.2 구조 시스템에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량 분석

그림 6.은 구조시스템에 따른 공동주택 주요 자재의 CO<sub>2</sub> 배출량을 누적 비율로 도식화한 것이다. 구조별 공동주택의 콘크리트 사용에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량을 비교한 결과 벽식 공동주택 대비 무량판 공동주택은 단위면적당 평균 CO<sub>2</sub> 배출량이 91.4%로, 8.6%가 절감된 반면에 GF 공동주택의 단위면적당 평균 CO<sub>2</sub> 배출량은 64.1%로, 35.9%가 절감되었다. 이는 구조적 효율성이 우수한 GF 구조 시스템의 적용으로 인하여 구조부재에 투입되는 물량이 타 공동주택에 비해 감소하고, 『공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 관리기준』에 따른 슬래브의 최소 두께가 타 공동주택보다 적게 요구되기 때문인 것으로 확인되었다.

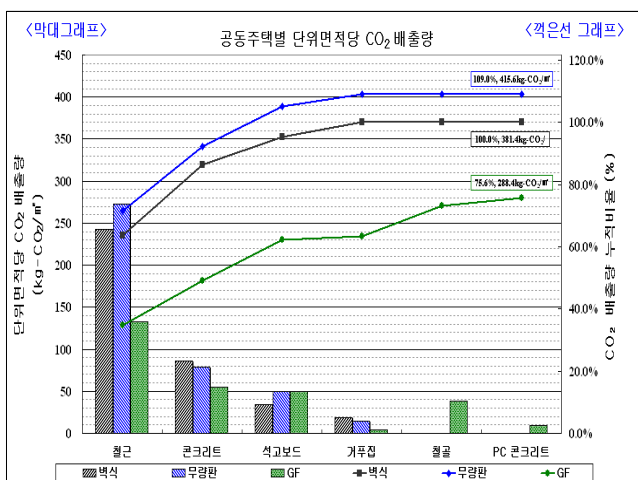


그림 6. 구조시스템에 따른 단위 면적당 CO<sub>2</sub> 배출량

구조별 공동주택의 철제품 사용에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량을 비교한 결과, 벽식 공동주택 대비 GF 공동주택의 단위면적당 평균 CO<sub>2</sub> 배출량은 70.1%로, 29.9%가 절감되었다. 무량판 공동주택 경우 추가적인 슬래브 보강철근에 따른 철근 물량의 증가로 인하여 벽식 공동주택과 비교하여 단위면적당 평균 CO<sub>2</sub> 배출량이 112.3%로, 12.3% 상승하였다.

거푸집 사용량에 따른 공동주택의 CO<sub>2</sub> 배출량을 비교한 결과, 벽식 공동주택 대비 단위면적당 평균 CO<sub>2</sub> 배출량은 무량판 공동주택의 경우 78.5%인 반면에 GF 공동주택은 21.7%로 CO<sub>2</sub> 배출량이 현저하게 감소되었음을 확인하였다. PC부재 적용에 따른 반건식 공법의 도입으로 현장 타설 콘크리트 사용량과 거푸집 사용량의 최소화가 CO<sub>2</sub> 배출량 감소에 따른 기여도가 큰 것으로 판단된다.

구조 시스템에 따른 공동주택의 총 CO<sub>2</sub> 배출량을 분석한 결과 GF 공동주택은 철골 및 경량 칸막이 벽체로 인한 CO<sub>2</sub> 배출량은 다소 증가되나, 원단위가 높은 콘크리트와 철근 및 가설 부재인 거푸집 사용량의 감소로 인하여 결과적으로 벽식 공동주택 대비 평균 24.4% 감소하는 것으로 분석되었다. 무량판 공동주택의 경

우 벽식 공동주택에 비해 콘크리트 사용량은 감소되었으나, 슬래브 철근 사용량의 증가와 칸막이 벽체에 사용되는 석고보드 사용량의 증가로 인하여 CO<sub>2</sub> 배출량은 벽식 공동주택 대비 소폭 증가하는 것으로 분석되었다.

GF 공동주택은 내구성이 우수한 합성부재의 적용으로 골조의 장수명화가 가능하며, 리모델링이 용이한 라멘구조로써 우수한 가변성을 가진다. 따라서 기존 벽식 공동주택과 비교하여 재건축 시 발생하게 되는 폐자재 및 투입자재를 최소화함에 따라 GF 공동주택 적용에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량 저감효과는 더욱 클 것으로 예상된다.

## 7. 결 론

본 연구에서는 Green Frame을 적용한 공동주택을 벽식 및 무량판 공동주택의 물량, 공사비, CO<sub>2</sub> 배출량에 대한 비교를 수행하였다. 이러한 분석을 바탕으로 Green Frame이 적용된 공동주택의 타당성을 검토한 결과 다음과 같은 결론이 도출되었다.

- 1) GF 공동주택은 효율적인 철골 프리캐스트 콘크리트 합성부재의 사용으로 벽식 공동주택 대비 콘크리트, 철근 및 거푸집의 물량이 크게 감소되었다. 이와 같은 주요 자재 물량의 감소는 공사비와 CO<sub>2</sub> 배출량 감소에 큰 영향을 주는 것으로 판단된다.
- 2) 칸막이 벽체 공사를 포함한 벽식 대비 평균 공사비 변동액은 GF 공동주택의 경우 43,267원/㎡ 감소(칸막이 벽체 미포함 시 92,092원/㎡ 감소), 무량판 공동주택의 경우 27,754원/㎡ 증가(칸막이 벽체 미포함 시 21,055원/㎡ 감소)하였다.
- 3) GF 공동주택의 골조공사에 사용된 공사비는 층수의 증가에 큰 영향을 받지 않기 때문에 적용에 제한이 없는 것으로 분석되었다. 주요 부재 시공 시 추가로 발생하게 되는 서포트 및 비계 등의 가설자재에 대한 부속공사비의 감소를 고려하면 GF 공동주택 적용에 따른 경제적 효과는 더 클 것으로 예상된다.
- 4) 구조시스템별 공동주택의 주요 자재 사용에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량을 비교·계산한 결과 GF 공동주택은 벽식 공동주택 및 무량판 공동주택 대비 각각 75.6%, 69.4%로써 큰 폭의 감소 경향을 나타내었다. 주요 CO<sub>2</sub> emitter인 철제품의 물량 감소가 CO<sub>2</sub> 배출량 감소에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 재건축 시 발생하게 되는 폐자재 및 투입자재의 감소효과를 고려하면 CO<sub>2</sub> 배출량 저감효과는 더 클 것으로 예상된다.

본 연구에서 도출된 결과를 통하여 Green Frame을 적용한 공동주택은 타 구조 공동주택에 비해 소비자 기호에 부합하는 다양

한 평면의 구성, 공사기간 단축, 주요 자재의 물량감소, 공사비 감소에 따른 경제성 향상, 건설 폐기물 최소화 및 CO<sub>2</sub> 발생량 저감 등의 장점이 있는 것으로 판단된다.

위 결과는 연구대상인 판상형 공동주택을 지상부로 제한하여 도출된 것이므로 향후 공동주택의 지하부 및 탑상형 공동주택을 포함한 보다 포괄적인 대상의 연구가 계속적으로 수행되어야 할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 2008년도 경희대학교 교육연구년 지원에 의한 결과임. (KHU\_20080032)

## 참 고 문 헌

1. 김성완, 김종엽, 이종성, 박기학, 김태원, 황용우, 건축물의 LCA를 위한 원단위 작성 및 프로그램개발 연구, 건설기술연구개발사업 제2차년도 연차보고서, 대한주택공사, 2004.12
2. 나해은, 친환경인증지표 요소가 공동주택 가격결정에 미치는 영향에 관한연구, 건국대학원, 석사학위논문, 2005.2
3. 유대호, 이한복, 안재철, 강병희, 프리캐스트 콘크리트 복합화공법의 경제성 분석에 관한 연구, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, pp.113~119, 2007.11
4. 정신욱, 무량관 골조를 활용한 RC 아파트 구조시스템의 동적 해석에 관한 연구, 서울대학원, 석사학위논문, 1997.2
5. 천성철, 오보환, 아파트 가변성 향상을 위한 무량관 구조시스템 및 공사비 분석, DICT Newsletter, 대우건설 기술연구원, pp.22~25, 2008.3
6. 천성철, 조대진, 우성우, 최장호, 정재오, 고한명, 공동주택 가변성 향상을 위한 구조계획 및 사업성 분석, 대한건축학회 논문집, 제24권 4호, pp.67~75, 2008.4
7. W.K. Hong, S.C. Park, J.M. Kim, S.G. Lee, S.I. Kim, K.J. Yoon and H.C. Lee, "Composite Beam Composed of Steel and Pre-cast Concrete.(Modularized Hybrid System, MHS) Part I: Experimental Investigation", Structural Design of Tall and Special Buildings, In Press, Published Online, DOI:10.1002/tal.485
8. W.K. Hong, J.M. Kim, S.C. Park, S.I. Kim, S.G. Lee, H.C. Lee and K.J. Yoon, "Composite Beam Composed of Steel and Pre-cast Concrete.(Modularized Hybrid System, MHS) Part II: Analytical Investigation", Structural Design of Tall and Special Buildings, Vol.18, No.8, pp.891~905, 2009.12
9. W.K. Hong, S.C. Park, H.C. Lee, J.M. Kim, S.I. Kim, S.G. Lee, H.S. Kim and K.J. Yoon, "Composite Beam Composed of Steel and Pre-cast Concrete.(Modularized Hybrid System, MHS) Part III: Application for a 19 story Building", Structural Design of Tall and Special Buildings, In Press, Published Online, DOI:10.1002/tal.507
10. W.K. Hong, S.I. Kim, S.C. Park, J.M. Kim, S.G. Lee, K.J. Yoon and S.K. Kim, "Composite Beam Composed of Steel and Pre-cast Concrete.(Modularized Hybrid System, MHS) Part IV: Application for Multi-Residential Housing", Structural Design of Tall and Special Buildings, In Press, Published Online, DOI:10.1002/tal.506
11. W.K. Hong, J.M. Kim, S.C. Park, S.G. Lee, S.I. Kim, K.J. Yoon, H.C. Kim, and J.T. Kim, "A new apartment construction technology with effective CO<sub>2</sub> emission reduction capabilities", Energy - The International Journal, In Press, Published Online, DOI:10.1016/j.energy.2009. 5.036

(접수 2009.10.15, 심사 2009.11.29, 게재확정 2010.1.19)

## 요 약

현재 우리나라 공동주택의 근간을 이루는 벽식 공동주택은 가변성의 부족, 보수 및 리모델링의 어려움으로 인하여 단수명화되고 있다. 이로 인하여 발생하는 재건축에 의한 경제적 손실 및 환경 문제는 점차 누적되어가고 있으며 이러한 문제는 앞으로 국가적 차원의 난제가 될 것으로 예상된다. 또한 국내 대표 주거공간으로 자리매김하고 있는 공동주택은 앞으로 다양한 사용자의 요구 및 생활양식의 변화를 수용할 수 있어야 한다. 따라서 평면 가변성에 제약이 있는 벽식 공동주택은 앞으로 지양되어야 하며 가변성이 확보된 새로운 형태의 신개념 공동주택의 개발이 필요한 실정이다.

본 연구의 대상이 되는 GF 공동주택은 기존 벽식 공동주택의 단점을 개선하여 공사비 절감과 공사기간 단축을 가능하게 할 것으로 예측되며, 가변성이 확보된 장수명 구조물로서 국가적으로 추진하고 있는 자원 및 에너지 절감 정책에 부응할 것으로 기대된다. 뿐만 아니라 현 정부가 추진하고 있는 저탄소 녹색성장에 발맞추어 국내 건설 산업의 지속가능한 질적 성장을 가능케 하고 기후변화 문제 해결을 위한 CO<sub>2</sub> 절감 원천기술로 자리매김할 것이다.

키워드 : 그린프레임, 합성보, 장수명 공동주택, 저탄소, 물량 감소